

Requested document:	DE19752271 click here to view the pdf document
---------------------	--

Adaptive exhaust temperature estimation and control

Patent Number: ☐ [US5722236](#)
Publication date: 1998-03-03
Inventor(s): CULLEN MICHAEL JOHN (US); DAVEY CHRISTOPHER K (US); HIEB BRADLEY JOHN (US)
Applicant(s): FORD GLOBAL TECH INC (US)
Requested Patent: ☐ [DE19752271](#)
Application Number: US19960768004 19961213
Priority Number(s): US19960768004 19961213
IPC Classification: F01N3/20
EC Classification: [F02D41/14D1D](#), [F01N3/08B2](#), [F01N3/22](#), [F01N3/28D](#), [F01N9/00](#), [F02D35/00D2D](#)
Equivalents: ☐ [GB2320331](#), ☐ [JP10176525](#)

Abstract

A method and apparatus for inferring and controlling the temperature of a NOx trap located downstream from a three-way catalyst that employs a temperature sensor to correct a temperature estimation model under relatively steady-state conditions to provide a more accurate estimate of NOx trap temperature and three-way catalyst temperature. In a second embodiment, the three-way catalyst also includes a temperature sensor for improving the instantaneous catalyst temperature estimation.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 52 271 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 01 N 9/00
F 01 N 3/22

⑳ Aktenzeichen: 197 52 271.8
㉔ Anmeldetag: 26. 11. 97
㉕ Offenlegungstag: 25. 6. 98

DE 197 52 271 A 1

③① Unionspriorität:
08/768,004 13. 12. 96 US
⑦① Anmelder:
Ford Global Technologies, Inc., Dearborn, Mich.,
US
⑦④ Vertreter:
Bonsmann, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 41063
Mönchengladbach

⑦② Erfinder:
Davey, Christopher K., Novi, Mich., US; Cullen,
Michael John, Northville, Mich., US; Hieb, Bradley
John, Dearborn, Mich., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur adaptiven Abgastemperatur-Schätzung und -Steuerung

⑤⑦ Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herleiten und Steuern der Temperatur einer NO_x-Falle beschrieben, die im Abgaskanal eines Verbrennungsmotors stromabwärts eines Dreiwege-Katalysators angeordnet ist und bei der ein Temperatursensor eingesetzt wird, um ein Temperatur-Schätzmodell unter relativ stationären Bedingungen zu korrigieren, so daß eine genauere Schätzung der NO_x-Falltemperatur und der Temperatur des Dreiwege-Katalysators ermöglicht wird. In einer zweiten Ausführungsform weist auch der Dreiwege-Katalysator zum Verbessern der Schätzung der momentanen Katalysatortemperatur einen Temperatursensor auf.

DE 197 52 271 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf die Steuerung von Fahrzeugemissionen und insbesondere auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur eines Temperaturmodells eines einen katalytischen Konverter bzw. Wandler und eine

5 NO_x (Stickoxid)-Falle aufweisenden Abgaskanals unter Einsatz eines Temperatursensors für eine adaptive Regelung bzw. Steuerung mit Rückkopplung.

Herkömmliche Steuersysteme für Magergemisch-Motoren bzw. Brennkraftmaschinen weisen eine Luft/Kraftstoff-Steuereinrichtung auf, die dem Motor-Ansaugkrümmer proportional zur gemessenen Luftmenge Kraftstoff zuführt, um ein gegenüber einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis magereres gewünschtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis

10 aufrechtzuerhalten. Übliche im Abgaskanal vorgesehene katalytische Dreiwege-Wandler können das während des Magerbetriebs erzeugte NO_x nicht umwandeln. Um die NO_x -Emission in die Atmosphäre gering zu halten, ist es bekannt, stromabwärts des Dreiwege-Katalysators eine NO_x -Falle anzuordnen. Bei üblichen NO_x -Fällen werden Alkalimetalle oder erdalkalische Materialien in Kombination mit Platin eingesetzt, um NO_x bei Magerbetriebsbedingungen zu speichern bzw. zu okkludieren. Zum Mechanismus des NO_x -Speicherns gehört die Oxidation von NO zu NO_2 über dem Platin, gefolgt von der anschließenden Bildung eines Nitratkomplexes mit dem Alkali- oder dem Erdalkalimetall. Da bei

15 stöchiometrischem oder fettem bzw. unterstöchiometrischem Betrieb die Nitratkomplexe thermodynamisch instabil sind, wird das gespeicherte NO_x freigegeben und katalytisch mit dem Überschuß an CO, H_2 und Kohlenwasserstoffen (HCs) im Abgas reduziert. Dementsprechend wird der Magergemisch-Motor periodisch auf ein relativ fettes Luft/Kraftstoff-Verhältnis umgeschaltet, um die NO_x -Falle zu reinigen. Die NO_x -Falle muß einer minimalen Schwellen- bzw. Grenz-

20 Temperatur ausgesetzt sein, bevor sie wirksam arbeiten kann. Dementsprechend muß eine minimale Abgastemperatur vorliegen, bevor ein Magergemisch-Motorbetriebsmodus eingestellt werden kann. Es gibt auch eine obere oder maximale Temperatur, oberhalb derer die Falle beschädigt werden kann.

Mit der Zeit wird die NO_x -Falle mit Schwefeloxiden (SO_x) gesättigt und muß vom SO_x gereinigt bzw. befreit werden, um das NO_x auffangen bzw. abscheiden zu können. Bei einem Verfahren zum Entfernen des SO_x ist vorgesehen, Luft direkt in den Abgaskanal gleich stromaufwärts der Falle einzuleiten, wodurch die Temperatur der Falle erhöht wird und die Schwefelablagerungen abgebrannt werden. Um das SO_x zu entfernen, muß die NO_x -Falle unter Einsatz einer Luftförder-

25 einrichtung und einer Luft/Kraftstoff-Anreicherung des Motors erwärmt werden (auf diese Weise verbrennt überschüssiger Kraftstoff in der Falle). Die zum Reinigen der Falle benötigte Temperatur liegt nahe der Temperatur, die eine vorzeitige Alterung bzw. Beschädigung der Falle zur Folge hat. Es ist bereits vorgeschlagen worden, einen Temperatursensor an der Falle zu positionieren, um das Steuersystem mit Temperaturinformation zu versorgen. Ein solcher Sensor liefert bei stationären Zuständen genaue Informationen; andererseits ist dieser teuer und außerdem für eine genaue Steuerung bei Übergangs-Fahrzuständen zu träge. Der Sensor weist eine Zeitkonstante von langer Dauer (ungefähr 15 Sekunden) auf. In dieser Zeitdauer kann die NO_x -Falle beschädigt werden. Ferner benötigt das Steuersystem Temperaturinformationen von verschiedenen Punkten im Abgassystem. Es ist aber zu kostenintensiv, an jeder Stelle Sensoren anzuord-

30 nen.

Ein Verfahren zum Schätzen der Temperatur einer NO_x -Falle ist in einem nicht zum Stand der Technik gehörenden Vorschlag beschrieben. Gemäß diesem Vorschlag ist ein rückkopplungsloser Ansatz zum Modellieren der NO_x -Fallentemperatur vorgesehen, bei dem kein Sensor benötigt wird und der relativ genau ist. Dennoch wäre eine genauere Schätzung der NO_x -Fallentemperatur wünschenswert.

40 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu einem möglichst genauen Herleiten und Steuern der Temperatur einer stromabwärts eines Dreiwege-Katalysators angeordneten NO_x -Falle zu schaffen.

In bzw. bei der Falle wird ein Temperatursensor eingesetzt, um das Modell bei relativ stationären Bedingungen zu korrigieren und so eine genauere Schätzung der NO_x -Fallentemperatur zu ermöglichen.

45 Der Temperatursensor wird somit hinzugefügt, um die Genauigkeit der Temperaturschätzung zu verbessern. Die Probleme der Zeitkonstanten des Sensors sowie des Erfordernisses mehrerer Sensoren werden bei der vorliegenden Erfindung durch ein adaptives Temperatur-Steuerschema überwunden. Der Sensor wird zur Korrektur des Modells bei relativ stationären Bedingungen eingesetzt. Das korrigierte Modell wird bei allen Bedingungen und an allen Stellen für verschiedene Kraftübertragungs-Steuerfunktionen bzw. -aufgaben, einschließlich der Steuerung von NO_x -Fallentemperaturen, verwendet.

Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird ein Temperatursensor zur Messung der Temperatur im Dreiwege-Katalysator eingesetzt. Dabei wird der Temperatursensor des katalytischen Wandlers dazu benutzt, die hergeleitete oder geschätzte, durch Anwendung des Temperaturmodells erhaltene Bettmitten-Temperatur des Katalysatormaterials bzw. des Katalysators zu korrigieren.

55 Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm eines Fahrzeug-Verbrennungsmotors und einer elektronischen Motorsteuereinrichtung, das die Prinzipien der Erfindung verkörpert;

Fig. 2, 3 und 4 Flußdiagramme höherer Abstraktionsebene mit Schemata einer herkömmlichen Motor-Kraftstoffsteuerung und NO_x -Reinigung nach dem Stand der Technik;

60 Fig. 5 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen der NO_x -Fallentemperatur;

Fig. 6 ein Flußdiagramm eines auf der NO_x -Fallentemperatur basierenden Steuerschemas für ein Steuerventil einer Luftfördereinrichtung;

Fig. 7 ein Blockdiagramm einer anderen Ausführungsform der Erfindung, bei der der katalytische Wandler einen Temperatursensor aufweist, und

65 Fig. 8 eine Modifikation des Flußdiagramms aus Fig. 5b, anwendbar auf die Ausführungsform von Fig. 7.

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß eine Kraftstoffpumpe 10 Kraftstoff aus einem Tank 12 durch eine Kraftstoffleitung 14 zu einem Satz von Einspritzeinrichtungen 16 pumpt, welche Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine bzw. einen Verbrennungsmotor 18 einspritzen. Die Kraftstoff-Einspritzeinrichtungen 16 sind herkömmlich konstruiert und so positioniert,

daß sie Kraftstoff in ihren jeweils zugehörigen Zylinder in genauen Mengen einzuspritzen, wie es von einer elektronischen Motorsteuereinrichtung (EEC) 20 bestimmt wird. Die EEC 20 übermittelt den Einspritzeinrichtungen 16 über eine Signalleitung 21 ein Kraftstoff-Einspritzsignal, um ein von der EEC 20 bestimmtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis aufrechtzuerhalten. Der Kraftstofftank 12 enthält flüssige Kraftstoffe, wie zum Beispiel Benzin, Methanol oder ein Kraftstoffgemisch. Ein Abgassystem 22, das ein oder mehrere Auspuffrohre und einen Abgasflansch 24 aufweist, fördert bei der Verbrennung eines Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem Motor entstandenes Abgas zu einem herkömmlichen katalytischen Dreiwege-Wandler 26. Der Wandler 26 weist ein Katalysatormaterial 28 auf, welches das von dem Motor erzeugte Abgas chemisch in katalysiertes Abgas umwandelt.

Das katalysierte Abgas wird einer stromabwärtigen NO_x -Falle 30 zugeleitet, die Material der oben beschriebenen Art aufweist. Die Falle 30 ist in einem mit 31 bezeichneten Gehäuse angeordnet. Die NO_x -Falle ist so dargestellt, daß sie zwei mit Abstand zueinander angeordnete Abschnitte oder "Ziegel" 30a und 30b aufweist. In dem Zwischenraum zwischen den zwei Ziegeln ist ein Temperatursensor 32 angeordnet, der die Temperatur der NO_x -Falle überwacht und mit der EEC 20 über eine Leitung 33 in Verbindung steht. Der Sensor 32 mißt die Temperatur der Falle während stationärer Zustände genau, weist jedoch eine relativ große Zeitkonstante auf, wodurch die Meßdaten relativ ungenau sein können. Ein beheizter Abgassauerstoff(HEGO)-Sensor 34 ermittelt den Sauerstoffgehalt des von dem Motor 18 erzeugten Abgases und überträgt ein Signal über einen Leiter 36 an die EEC 20. Ein Paar HEGO-Sensoren 38 und 40 sind stromaufwärts bzw. stromabwärts der Falle 30 angeordnet und liefern der EEC 20 über Leitungen 42 bzw. 44 Signale. Weitere allgemein mit 46 bezeichnete Sensoren liefern der EEC 20 zusätzliche Informationen über die Motorleistung, wie z. B. die Kurbelwellen-Stellung, die Winkelgeschwindigkeit, die Drosselstellung, die Lufttemperatur, etc. Die von diesen Sensoren stammende Information wird von der EEC 20 für die Steuerung des Motorbetriebs verwendet.

Ein am Lufterlaß des Motors 18 angeordneter Luftmengen-Strömungssensor 50 ermittelt die in ein Ansaugsystem des Motors angesaugte Luftmenge und liefert der EEC 20 über eine Leitung 52 ein Luftströmungssignal. Das Luftströmungssignal wird von der EEC 20 dazu benutzt, einen als Luftmenge (AM) bezeichneten Wert zu berechnen, der eine in das Ansaugsystem strömende Luftmenge (in der Einheit lbs./min ausgedrückt) anzeigt.

Eine Luftförderereinrichtung bzw. Luftpumpe 54, die elektrisch angetrieben oder mechanisch an den Motor 18 angekoppelt sein kann, setzt die mit Atmosphärendruck eintretende Luft unter Überdruck, um Luft durch einen Luftkanal 58 in einen Abgaskanalabschnitt 60 durch eine Durchlochung bzw. durch eine Durchbohrung an der Stelle 62 stromabwärts des katalytischen Wandlers 26 und allgemein am Eintritt der NO_x -Falle 30 zu injizieren bzw. einzuleiten. Die eingeleitete Luftmenge hängt von der Stellung eines Steuerventils 56 ab, das von der EEC 20 über einen Leiter 64 gesteuert wird. Das Steuerventil 56 kann als Schaltventil, das entsprechend einem Steuersignal öffnet und schließt, oder als Stromventil bzw. Strombegrenzungsventil ausgebildet sein, welches die Strömungsrate kontinuierlich einstellen bzw. anpassen kann.

Die EEC 20 weist weiterhin einen Mikrocomputer mit einer Zentraleinheit (CPU) 70, Eingabe- und Ausgabe(E/A)-Kanälen 72, einem Nurlesespeicher (ROM) 74 zum Speichern von Steuerprogrammen, einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 76 zur temporären Datenspeicherung, der auch als Zähler oder Zeitgeber eingesetzt werden kann, und mit einem Erhaltungsspeicher (KAM) 78 zum Speichern gelernter Werte auf. Daten werden wie dargestellt über einen herkömmlichen Datenbus übertragen. Die EEC 20 weist weiterhin einen Motor-Aus-Zeitgeber auf, der eine Aufzeichnung der seit dem letzten Abschalten des Motors vergangenen Zeit in einer Variablen "soaktime" erstellt.

Die von der Steuereinrichtung 20 zum Steuern des Motors 18 durchgeführte Routine für das Zuführen von flüssigem Kraftstoff ist im Flußdiagramm von Fig. 2 dargestellt. Eine rückkopplungslose Berechnung der gewünschten Kraftstoffmenge wird bei Block 100 durchgeführt. Insbesondere wird die vom Sensor 34 gelieferte Messung des angesaugten Luftmengenstromes (MAF) durch ein gewünschtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis (AFd) geteilt, welches in dem vorliegenden Beispiel einer stöchiometrischen Verbrennung entspricht. Bei Entscheidungsblock 102 wird anschließend ermittelt, ob eine Regelung mit Rückkopplung gewünscht ist, indem Motorbetriebsparameter, wie zum Beispiel die Kühlmitteltemperatur des Motors, überwacht werden. Ein Kraftstoffbefehl oder ein Signal Fd für gewünschten bzw. Soll-Kraftstoff wird durch Teilen der vorher erzeugten rückkopplungslosen Berechnung des gewünschten Kraftstoffes durch eine Rückkopplungsvariable FV, gelesen bei Block 104, in Block 106 erzeugt. Das Soll-Kraftstoffsignal Fd wird dann in ein Impulsbreitensignal fpw bei Block 108 zum Betätigen einer Kraftstoff-Einspritzeinrichtung 16 umgewandelt, wodurch dem Motor 18 Kraftstoff entsprechend dem Soll-Kraftstoffsignal Fd zugeführt wird.

Die von der Steuereinrichtung 20 zur Erzeugung der Kraftstoff-Rückkopplungsvariablen FV durchgeführte Luft/Kraftstoff-Rückkopplungsroutine ist im Flußdiagramm in Fig. 3 dargestellt. Bei rückgekoppelter Regelung – wie bei Block 110 bestimmt – wird ein Zwei-Zustands-Signal EGOS bei Block 112 aus dem vom Sensor 34 gelieferten Signal erzeugt. Wenn das Signal EGOS niedrig ist, jedoch während der vorhergehenden Hintergrundschleife der Steuereinrichtung 20 hoch war, wird ein vorbestimmter Proportionalterm Pj von der Rückkopplungsvariablen FV bei Block 114 subtrahiert (Entscheidungsblöcke 116 und 118). Wenn das Signal EGOS niedrig ist und auch während der vorhergehenden Hintergrundschleife niedrig war, wird ein vorgegebener Integralterm Aj von der Rückkopplungsvariablen FV bei Block 120 subtrahiert.

Andererseits wird, wenn das Signal EGOS hoch ist und auch während der vorhergehenden Hintergrundschleife der Steuereinrichtung 20 hoch war, wie bei den Entscheidungsblöcken 116 und 122 bestimmt, ein Integralterm Ai zur Rückkopplungsvariablen FV bei Block 124 hinzuaddiert. Wenn das Signal EGOS hoch ist, jedoch während der vorhergehenden Hintergrundschleife niedrig war, wird dagegen ein Proportionalterm Pi zur Rückkopplungsvariablen FV bei Block 126 hinzuaddiert.

Es wird nun auf Fig. 4 Bezug genommen, in der der Magerfahr-Motorbetriebsmodus dargestellt ist. Im allgemeinen wird der Luft/Kraftstoff-Betrieb während des Magerfahrmodus ohne Rückkopplung bei einem vorgegebenen Wert, wie z. B. 19 kg Luft/kg Kraftstoff, zur Verbesserung der Kraftstoffsparsamkeit durchgeführt bzw. fortgesetzt. Dabei speichert NO_x auffangendes Material 32 durch den katalytischen Wandler 26 hindurchströmende Stickoxide. Das Material 32 muß periodisch von gespeicherten Stickoxiden befreit werden, indem der Motor mit einem unterstöchiometrischen bzw. fetten Luft/Kraftstoff-Verhältnis betrieben wird. Bei Block 150 werden Magerfahr-Betriebsbedingungen, wie beispielsweise eine oberhalb eines vorgegebenen Wertes liegende Fahrzeuggeschwindigkeit oder eine oberhalb eines vorgegebe-

nen Wertes vorhandene Drosselstellung überprüft. Ein Magerfahr-Betrieb wird jedoch nur dann begonnen, wenn das Material **32** bei Block **150** überprüft nahe seiner Kapazität ist und gereinigt werden sollte, wie bei Block **152** bestimmt. Sollte dies der Fall sein, wird bei Block **154** eine Rückkopplungsvariable FV erzeugt, wie es bei einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit Rückkopplung oder bei einem unterstöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis ohne Rückkopplung vorgesehen ist. Das Reinigen der NO_x-Falle kann für ein variables Zeitintervall fortgeführt werden, bis die Falle ausreichend frei von NO_x ist.

Falls Reinigungsbedingungen nicht vorhanden sind, fährt die Routine mit Magerfahr-Bedingungen fort. Die Motordrehzahl und die Last werden bei Block **156** gelesen, weiterhin wird die Luft/Kraftstoff-Regelung mit Rückführung bei Block **158** außer Kraft gesetzt, und eine Rückkopplungsvariable FV wird in einer rückkopplungslosen Weise erzeugt, um einen Motorbetrieb mit magerem Luft/Kraftstoff-Verhältnis vorzusehen. Insbesondere wird bei diesem bestimmten Beispiel bei Block **160** die Rückkopplungsvariable FV durch Lesen eines Tabellenwertes als Funktion der Motordrehzahl und der Last und durch Multiplizieren des Tabellenwertes mit einem Multiplikator LMULT erzeugt. Das resultierende Produkt wird dann zu einem dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Bezugswert entsprechenden Wert Eins (unity) hinzugeaddiert. Der Multiplikator LMULT, der zwischen 0 und Eins variiert, wird allmählich bzw. stufenweise inkrementiert, um den Motor-Luft/Kraftstoff-Betrieb bis zu einem gewünschten mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu verändern. Dadurch wird die Rückkopplungsvariable FV erzeugt, die das gewünschte Luft/Kraftstoff-Verhältnis anzeigt.

Die Betriebsvorgänge, bei denen auf Magerbetrieb ein NO_x-Reinigungsbetrieb folgt, dauern solange an, wie der Wirkungsgrad der Falle oberhalb eines gewünschten Wirkungsgrads bleibt. Wenn der Wirkungsgrad abnimmt, kann die Magerfahrzeit reduziert werden, um die Falle öfter zu reinigen. Es ist jedoch bekannt, daß im Kraftstoff vorhandener Schwefel die NO_x-Falle mit Schwefeloxiden (SO_x) verunreinigt. Falls diese nicht entfernt werden, ist es der NO_x-Falle nicht möglich, die NO_x-Auffangfunktion wahrzunehmen. Falls der Wirkungsgrad der Falle ein häufigeres Reinigen erfordert als in einem vorgegebenen Zeitintervall, kann dies bedeuten, daß eine SO_x-Reinigung notwendig ist. Eine SO_x-Reinigung erfordert es, die Abgase über die Falle mit einer höheren Temperatur zu führen, als sie für ein NO_x-Reinigen notwendig ist. Um die höhere Temperatur zu erzielen, wird durch Einwirkung der Steuereinrichtung **20** zusätzliche Luft von der Luftfördereinrichtung **54** an der Durchlochsstelle **62** zugeführt, die nahe dem Eintrittsbereich der Falle **30** und stromabwärts nahe der Stelle ist, die allgemein mit "B" in Fig. 1 bezeichnet ist.

In Fig. 5 ist ein Flußdiagramm dargestellt, das die Schritte in einer von der EEC **20** zum Herleiten der Temperatur der NO_x-Falle durchgeführten Routine zeigt. In die Temperaturermittlungs-Routine wird bei **200** eingetreten und bei **202** wird ein Initialisierungsflag EXT_INIT überprüft, um zu bestimmen, ob bestimmte Temperaturvariablen initialisiert worden sind. Falls nicht, werden die Temperaturvariablen bei **204** initialisiert, wonach das Flag EXT_INIT auf 1 gesetzt wird. In einer bevorzugten Ausführungsform werden bestimmte Temperaturvariablen vorteilhafterweise in einer Art initialisiert, die Fälle berücksichtigt, bei denen ein Motor für kurze Zeitperioden abgeschaltet sein kann, in denen die NO_x-Falle **30** nicht auf Umgebungstemperatur abgekühlt sein könnte. Übertemperaturzustände der NO_x-Falle werden dementsprechend vermieden, indem die NO_x-Fallentemperatur bei dem Anlassen des Motors geschätzt wird als Funktion einer geschätzten NO_x-Fallentemperatur bei Motorabschaltung, der Umgebungstemperatur, einer kalibrierbaren Zeitkonstanten, die die Abkühlung der NO_x-Falle anzeigt, sowie der seit der Motorabschaltung bis zu einem nachfolgenden Motorbetrieb verstrichenen Zeit. Die Initialisierung der Temperatur an Stellen "B", "C" und "D" wird entsprechend der folgenden Gleichungen 1, 2 und 3 erreicht:

$$\text{ext_ntB_init} = ((\text{ext_ntB_prev} - \text{infamb}) \cdot \text{fnexp}(-\text{soaktime}/\text{tc_ntB})) + \text{infamb} \quad (1)$$

$$\text{ext_ntC_init} = ((\text{ext_ntC_prev} - \text{infamb}) \cdot \text{fnexp}(-\text{soaktime}/\text{tc_ntC})) + \text{infamb} \quad (2)$$

$$\text{ext_tso} = \text{ext_ntD_init} = \text{ext_ntC_init} \quad (3)$$

wobei:

ext_ntB_prev = geschätzte NO_x-Fallentemperatur bei Abschalten des Motors,
fnexp ein Tabellenwert, der eine Exponentialfunktion annähert,
soaktime = Zeit in Sekunden seit dem Abstellen des Motors,
tc_nt = eine empirisch ermittelte Zeitkonstante in Sekunden, die der Abkühlung des Abgases an einer gekennzeichneten Stelle, wie zum Beispiel "B", entspricht,
infamb = hergeleitete Umgebungstemperatur und
ext_tso = geschätzte Temperatur an der Temperatursensor-Stelle "D".

Die Umgebungstemperatur kann wie oben angegeben berechnet oder mit einem Sensor gemessen werden. Wenn die Umgebungstemperatur berechnet wird (infamb), wird der Wert im Erhaltungsspeicher **78** gespeichert und bei Block **204** initialisiert. Wenn die absolute Differenz zwischen der Luftfüllungstemperatur (ACT) und der Motor-Kühlmitteltemperatur (ECT) innerhalb einer kalibrierbaren Toleranz – üblicherweise 6 Grad – liegt, kann angenommen werden, daß der Motor eine Gleichgewichts- oder Umgebungstemperatur aufweist und daher die Umgebungstemperatur gleich ACT ist. Ansonsten wird angenommen, daß die Umgebungstemperatur die geringere der zuletzt aus dem KAM **78** bekannten Umgebungstemperatur oder der ACT ist.

Falls der Motor läuft und falls die Motor-Kühlmitteltemperatur und die Fahrzeuggeschwindigkeit oberhalb minimaler Werte liegen, wird dann eine stationären Zustand erzwingende Funktion als ACT-Δ berechnet, wobei Δ ungefähr -12,2°C (10 Grad F) beträgt, falls die Kupplung für die Klimaanlage nicht im Eingriff ist, und ungefähr -6,67°C (20 Grad F) beträgt, falls die Kupplung für die Klimaanlage im Eingriff ist. Normalerweise wird die Erzwingungsfunktion durch einen gleitenden Mittelwert gefiltert, aber wenn ACT kleiner als die hergeleitete Umgebungstemperatur ist, wird infamb sofort auf den Wert ACT gesetzt.

Bei Block **210** wird die momentane Bettmitten (üblicherweise 1" im ersten ziegelförmigen Element)-Temperatur des

katalytischen Wandlers **26** z. B. in einer in der US-PS 54 14 994 näher beschriebenen Weise berechnet. Bei Block **211** wird die in Block **210** berechnete Bettmitten-Temperatur durch Hinzufügen eines adaptiven Temperaturkorrekturwertes als eine Funktion der Luftmenge korrigiert. Vorzugsweise sind drei (3) Korrekturwerte im KAM **78** für drei (3) unterschiedliche Luftmengenbereiche des Motors gespeichert. Auf den geeigneten Korrekturwert wird unter Zugrundelegung der gemessenen Luftmenge zugegriffen. Die Korrekturwerte werden adaptiv während des Fahrzeugbetriebs unter relativ stationären Bedingungen gelernt, wie vollständiger nachfolgend beschrieben werden wird, und im KAM **78** zur Verwendung bei dem in Block **211** durchgeführten Programmschritt gespeichert. 5

Bei Block **212** wird der Temperaturverlust im Abgaskanal zwischen der Bettmitte des katalytischen Wandlers **26** und dem Eintritt "B" in die NO_x-Falle **30** entsprechend Gleichung 4 berechnet. 10

$$\text{ext_ls_ntB} = \text{FNLS_NTB}(\text{am}) \cdot [(\text{ext_cmd} + \text{ext_ntB_prev})/2 - \text{infamb}] \quad (4)$$

wobei:

FNLS_NTB(am) ein dimensionsloser, in einer durch den Luftmengenstrom (am) indizierten Tabelle enthaltener Wert ist, und einen Temperaturabfall zwischen dem katalytischen Wandler und der Stelle "B" als Funktion von (am) anzeigt, 15
ext_cmd = momentane, in Block **210** berechnete Katalysator-Bettmittentemperatur des Wandlers und
ext_ntB_prev = der Wert von ext_ntB für die vorhergehende Schleife ist.

Bei Block **214** wird die in einem stationären Zustand vorhandene NO_x-Fallen-Einlaßtemperatur an der Stelle "B" entsprechend Gleichung 5 berechnet: 20

$$\text{ext_ss_ntB} = \text{ext_cmd} - \text{ext_ls_ntB} \quad (5)$$

Dies ist die Abgastemperatur vor der Durchlochungsstelle **62** des Luftkanals **58**, die stromaufwärts in der Nähe des Eintritts der NO_x-Falle **30** liegt. Diese Temperatur wird durch Subtrahieren des bei Block **212** berechneten Temperaturverlustes von der korrigierten, bei Block **211** berechneten Katalysator-Bettmittentemperatur ermittelt. 25

Bei Block **216** wird die Zeitkonstante des Temperaturanstiegs am Falleneinlaß als Funktion des Luftmengenstroms entsprechend Gleichung 6 berechnet: 30

$$\text{tc_ntB_run} = \text{FNTC_NTB}(\text{am}) \quad (6)$$

wobei:

FNTC_NTB (am) = ROM-Kalibrierungsdaten-Tabellenwert der Zeitkonstante in Sekunden, indiziert durch die Luftmenge. 35

Bei Block **218** wird eine Filterkonstante, die eine exponentielle Glättungsfunktion durchführt, aus der bei Block **216** ermittelten Zeitkonstanten gemäß Gleichung 7 berechnet. 40

$$\text{fk_ntB} = 1/(1 + \text{tc_ntB_run}/\text{bg_tmr}) \quad (7)$$

wobei:

bg_tmr die Zeit in Sekunden zur Ausführung der Hintergrundschleife ist.

Bei Block **220** wird die momentane NO_x-Fallen-Einlaßtemperatur an der Stelle "B" entsprechend Gleichung 8 berechnet, basierend auf dem vorherigen Momentanwert bei "B", dem neuen geschätzten Wert im stationären Zustand und einer vorgegebenen Temperatur-Änderungsrate bei "B" als Funktion des Motor-Luftmengenstroms: 45

$$\text{ext_ntB} = \text{fk_ntB} \cdot \text{ext_ss_ntB} + (1 - \text{fk_ntB}) \cdot \text{ext_ntB_prev} \quad (8)$$

wobei:

ext_ntB_prev = vorheriger Wert der Einlaßtemperatur.

Die Temperatur an der Vorderseite "C" des Materials **32** ist der Gesamt-Wärmestrom geteilt durch die Wärmekapazität des Abgasstroms, wobei für den Moment die Wirkung der exothermen Reaktion des Abgases mit dem Fallenmaterial auf diese Temperatur außer Acht gelassen wird. Bei Block **222** wird dieser Gesamt-Wärmestrom entsprechend Gleichung 9 berechnet. 55

$$\begin{aligned} \text{tot_heat_flw} &= \text{EXT_CP_FUEL2} \cdot \text{fuel_flow} \cdot \text{ext_ntB} \\ &+ \text{EXT_CP_AIR2} \cdot \text{am} \cdot \text{ext_ntB} \\ &+ \text{EXT_CP_AIR2} \cdot \text{airpump_am} \cdot \text{infamb} \quad (9) \end{aligned}$$

wobei:

EXT_CP_FUEL2 = Wärmekapazität des Kraftstoffs und eine Kalibrierungskonstante ist, 60

EXT_CP_AIR2 = Wärmekapazität der Luft und eine Kalibrierungskonstante ist, 65

airpump_am = Luftmengenstrom der Luftpumpe in kg/min

am = Luftmengenstrom des Motors (kg/min)

fuel_flow = Kraftstoffstrom des Motors (kg/min).

Die Wärmekapazität dieses Gesamt-Wärmestroms wird entsprechend Gleichung 10 bei Block **224** berechnet:

$$\begin{aligned} & \text{exh_ht_cap} \\ 5 \quad & = \text{EXP_CP_AIR2} \cdot (\text{am} + \text{airpump_am}) \\ & + \text{EXT_CP_FUEL2} \cdot \text{fuel_flow} \quad (10) \end{aligned}$$

Wie zuvor ausgeführt, ergibt sich die Temperatur an der Vorderseite "C" des Fallenmaterials **32** vor der exothermen Reaktion aus dem bei Block **222** berechneten Gesamt-Wärmestrom geteilt durch die bei Block **224** berechnete Wärmekapazität des Wärmestroms. Die Berechnung erfolgt bei Block **226** gemäß Gleichung 11:

$$\text{ext_ntC_before_exo} = \text{tot_heat_flw/exh_ht_cap} \quad (11)$$

Die Berechnung der exothermen Energie hängt davon ab, ob das Luft/Kraftstoff-Verhältnis am Eingang der NO_x -Falle **30** fett oder mager ist, wie bei Block **228** berechnet. Das Abgas-Luft/Kraftstoff-Verhältnis am Eintritt zur NO_x -Falle **30** wird gemäß Gleichung 12 berechnet.

$$\text{lambse_ntr} = \text{lambse_exh} \cdot ((\text{airpump_am} + \text{am})/\text{am}) \quad (12)$$

wobei:
 lambse_exh das Abgas-Luft/Kraftstoff-Gleichgewichtsverhältnis ist, das gemessen wird, bevor die Luft aus der Luftpumpe in das Abgas bzw. die Abgasanlage eingeleitet wird.

Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis fett ist, ist die exotherme Energie durch die Größe der Luftfördermenge der Luftfördereinrichtung begrenzt und proportional zu dieser Größe. Sobald sämtliche überschüssige Luft verbrannt ist, können zusätzliche aus dem fetten Zustand resultierende Produkte (Kohlenwasserstoffe) nicht verbrennen oder weitere Wärme erzeugen. Falls ein fetter Zustand vorliegt, wie bei Block **230** bestimmt, wird die exotherme Energie entsprechend Gleichung 13 berechnet, wie bei Block **232** angegeben.

$$\text{ntr_exo_energy} = \text{airpump_am} \cdot \text{FN_NTR_EXO_R}(\text{lambda_ntr}) \quad (13)$$

wobei:
 $\text{FN_NTR_EXO_R}(\text{lambda_ntr})$ ein Wert ist, der aus einer Tabelle erhalten wird, die die exotherme Energie beschreibende empirische Daten für die Luftmenge der Luftfördereinrichtung gegenüber dem Abgas-Luft/Kraftstoff-Verhältnis enthält.

Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis mager ist, wird dann die exotherme Energie in Block **234** entsprechend Gleichung 14 berechnet. Bei mageren Verhältnissen ist die exotherme Energie durch die Luftmenge des Motors begrenzt und zu dieser proportional, wobei die Luftmenge bei einem gegebenen Gleichgewichtsverhältnis proportional zur Kraftstoffmenge oder Wärmeenergie ist:

$$\text{ntr_exo_energy} = (\text{am}) \cdot \text{FN_NTR_EXO_L}(\text{lambse_ntr}) \quad (14)$$

wobei:
 $\text{FN_NTR_EXO_L}(\text{lambse_ntr})$ ein Wert ist, der aus einer Tabelle erhalten wird, die die exotherme Energie beschreibende empirische Daten für die Luftmenge der Luftfördereinrichtung gegenüber dem Abgas-Luft/Kraftstoff-Verhältnis enthält.

In beiden Fällen wird, falls die Luftfördereinrichtung **54** eingeschaltet ist, wie in Block **235** bestimmt, ein weiter unten beschriebener adaptiver Korrekturterm apx_cor_tmp für die exotherme Energie aus dem KAM-Speicher **78** bei Block **236** gelesen und bei der Berechnung der exothermen Temperatur bei Block **238** entsprechend Gleichung 15 berücksichtigt. Vorzugsweise werden drei (3) Korrekturwerte im KAM-Speicher **78** für drei (3) unterschiedliche Luftmengenbereiche des Motors gespeichert. Auf den geeigneten Korrekturwert wird basierend auf der gemessenen Luftmenge zugegriffen. Die exotherme Temperatur ist die in den Gleichungen 13 oder 14 berechnete exotherme Energie geteilt durch die in Gleichung 10 berechnete Wärmekapazität.

$$\text{ext_ntr_exo} = \text{ntr_exo_energy/exh_ht_cap} + \text{apx_cor_tmp} \quad (15)$$

Falls die Luftfördereinrichtung **54** ausgeschaltet ist, wird sodann der adaptive Korrekturterm apx_cor_tmp in Block **237** auf 0 gesetzt.

Die Erzwingungsfunktion oder das stationäre Äquivalent der Temperatur nahe der Vorderseite des NO_x auffangenden Materials **32**, bezeichnet als "C", wird in Block **239** entsprechend Gleichung 16 berechnet und stellt die kombinierte Temperatur aufgrund der Gastemperatur und der von der Luftpumpe hervorgerufenen exothermen Energie bzw. Temperatur dar. Die Durchlochungsstelle **62** der Luftfördereinrichtung ist nahe genug an der NO_x -Falle **30**, um einen Temperaturabfall von "B" nach "C" zu ignorieren.

$$\text{ext_ss_ntC} = \text{ext_ntC_before_exo} + \text{ext_ntr_exo} \quad (16)$$

Die Zeitkonstante des Temperaturanstiegs nahe der Vorderseite "C" der Falle **30** ist eine kalibrierbare Funktion des Gesamt-Luftstroms und wird bei Block **240** entsprechend Gleichung 17 berechnet.

$$tc_ntC_run = FNTC_NTC(am + airpump_am) \quad (17)$$

wobei:

FNTC_NTC = ROM-Kalibrierungsdaten-Tabellenwert der Zeitkonstante in Sekunden, indiziert durch die Gesamt-Luftmenge. 5

Bei Block **241** wird eine Filterkonstante zum Durchführen einer Glättungsfunktion gemäß Gleichung 18 basierend auf der gemäß Gleichung 17 berechneten Zeitkonstanten berechnet:

$$fk_ntC = 1/(1 + tc_ntC_run/bg_tmr) \quad (18) \quad 10$$

Schließlich wird bei Block **242** die momentane Temperatur nahe der Vorderseite "C" der Falle **30** gemäß Gleichung 19 aus dem vorherigen Wert, dem neuen stationären Wert sowie aus der Filterkonstanten berechnet:

$$ext_ntC = fk_ntC \cdot ext_ss_ntC + (1-fk_ntC) \cdot ext_ntC_prev \quad (19) \quad 15$$

wobei:

ext_ntC_prev = der Wert des in der vorhergehenden Schleife berechneten ext_ntC ist.

In den Blöcken **244** bis **248** wird eine Temperatur berechnet, die für eine mittlere Temperatur der Falle **30** repräsentativer ist. Bei Block **244** wird die im stationären Zustand vorhandene mittlere Temperatur der Falle **30** gemäß Gleichung 20 berechnet, die auf der Annahme basiert, daß kein Temperaturabfall von der Stelle "C" bis zur Stelle "D" vorhanden ist und deshalb bei einem stationären Zustand die beiden Temperaturen gleich sind. 20

$$ext_ss_ntD = ext_ntC \quad (20) \quad 25$$

Die Temperatur an der Stelle "D" bleibt im allgemeinen hinter der Temperatur an der Stelle "C" zurück, was durch eine Zeitkonstante als Funktion der Luftmenge beschrieben werden kann. Diese Zeitkonstante ist auf die Wärmekapazität des Fallensubstrats und des Fallenmaterials zurückzuführen. Bei Block **246** wird die Zeitkonstante an der Stelle "D" in der Falle entsprechend Gleichung 21 berechnet. Die Zeitkonstante ist eine Funktion des Gesamt-Luftstroms: 30

$$tc_ntD_run = FNTC_NTD(am + airpump_am) \quad (21)$$

Aus der Zeitkonstante wird eine Filterkonstante bei Block **248** gemäß Gleichung 22 berechnet:

$$fk_ntD = 1/(1 + tc_ntD_run/bg_tmr) \quad (22) \quad 35$$

Schließlich wird die momentane mittlere Temperatur der Falle **30** bei Block **250** gemäß Gleichung 23 aus dem vorhergehenden Wert, dem neuen stationären Wert und der Filterkonstanten berechnet:

$$ext_ntD = fk_ntD \cdot ext_ss_ntD + (1-fk_ntD) \cdot ext_ntD_prev \quad (23) \quad 40$$

Bei Block **252** wird eine Schätzung dessen berechnet, was der Temperatursensor **32** anzeigen sollte. Die geschätzte mittlere, bei Block **250** bestimmte Substrattemperatur der NO_x-Falle ist eine Schätzung der momentanen Temperatur an der Stelle des Temperatursensors **32** unter der Annahme, daß kein stationärer Temperaturabfall zwischen der Stelle "D" und der Stelle des Sensors vorhanden ist. Diese Gleichheit wird in Gleichung 24 zum Ausdruck gebracht: 45

$$ext_ss_tso = ext_ntD \quad (24)$$

Die aktuelle bzw. tatsächliche Anzeige des Sensors **32** ist gegenüber diesem Wert aufgrund seiner thermischen Masse verzögert. Um zu schätzen, was der Sensor **32** während Übergangsbedingungen anzeigen wird, wird die geschätzte Temperatur durch eine auf den Sensor **32** bezogene Zeitkonstante angepaßt, wie in Gleichung 25 angegeben: 50

$$ext_tso = fk_tso \cdot ext_ss_tso + (1-fk_tso) \cdot ext_tso_prev \quad (25) \quad 55$$

wobei:

ext_tso_prev = vorherige geschätzte Sensoranzeige,

tc_tso_run = FNTC_TSO(am + airpump_am) = ROM-Kalibrierungsdaten-Tabellenwert der Zeitkonstante in Sekunden, indiziert durch die Gesamt-Luftmenge, und

fk_tso = 1/(1-tc_tso_run/bg_tmr) = Filterkonstante des Sensors. 60

Bei Block **254** wird der Fehler zwischen dem geschätzten Sensor-Ausgangssignal (exh_tso) und dem tatsächlichen Sensor-Ausgangssignal (tso_act) gemäß Gleichung 26 berechnet:

$$ext_err_tso = ext_tso - tso_act \quad (26) \quad 65$$

Bei Block **256** wird bestimmt, ob relativ stationäre Bedingungen vorliegen und somit ein adaptives Lernen fortgeführt werden kann. Solche Bedingungen sind vorhanden, falls (a) der absolute Wert der Differenz zwischen der stationären

Schätzung des Ausgangssignals des Sensors **32** und der momentanen Schätzung geringer ist als ein anpaßbarer Toleranzwert TSO_ADP_TOL, wie in Gleichung 27 angegeben, und (b) die momentane Schätzung der vom Sensor **33** gemessenen Temperatur größer ist als ein vorgegebener minimaler Temperaturwert TSO_ADP_MIN, wie in Gleichung 28 angegeben:

$$\text{abs}(\text{ext_ss_tso} - \text{ext_tso}) < \text{TSO_ADP_TOL} \quad (27)$$

$$\text{ext_tso} > \text{TSO_ADP_MIN} \quad (28)$$

- Falls die Bedingungen der Gleichungen 27 und 28 erfüllt sind und die Luftfördereinrichtung **54** angeschaltet ist, (Entscheidungsblock **258**) wird sodann ein Term zum Korrigieren der Temperatur aufgrund der exothermen Temperatur der Luftpumpe bei Block **260** gelernt bzw. adaptiv angepaßt. Der Korrekturterm ist ein gleitender Mittelwert des Fehlers zwischen der geschätzten und der tatsächlichen Sensoranzeige und ist im KAM-Speicher **78** gespeichert. Die Prozedur zum Lernen der adaptiven Korrekturen bei einer gegebenen Luftmenge ist wie folgt: Es wird angenommen, TSO_ADP_AM1, TSO_ADP_AM2 und TSO_ADP_AM3 seien drei (3) kalibrierbare Luftmengenniveaus, die drei Bereiche definieren, in denen drei adaptive Koeffizienten gelernt werden. Falls der vorliegende gemessene Luftmengenwert (am) kleiner als TSO_ADP_AM1 ist, wird der adaptive exotherme Korrekturwert, der gelernt wird, durch Gleichung 29 ausgedrückt:

$$\text{apx_cor1} = \text{fk_apx_cor1} \cdot \text{ext_err_tso} + (1 - \text{fk_apx_cor1}) \cdot \text{apx_cor1_prev} \quad (29)$$

wobei:

$$\text{fk_apx_cor1} = 1 / (1 + \text{tc_APX_COR1} / \text{bg_tmr})$$

tc_APX_COR1 = die Zeitkonstante, die die gewünschte Rate des adaptiven Lernens steuert,

- fk_apx_cor1 = das Filterkonstanten-Äquivalent der Zeitkonstanten, und

apx_cor1_prev = der vorhergehende adaptive Korrekturterm ist.

In ähnlicher Weise wird, falls der vorhandene gemessene Luftmengenwert (am) zwischen TSO_ADP_AM1 und TSO_ADP_AM2 liegt, sodann der adaptive exotherme zu lernende Korrekturterm durch Gleichung 30 ausgedrückt:

$$\text{apx_cor2} = \text{fk_apx_cor2} \cdot \text{ext_err_tso} + (1 - \text{fk_apx_cor2}) \cdot \text{apx_cor2_prev} \quad (30)$$

Schließlich wird, falls der vorhandene gemessene Luftmengenwert (am) zwischen TSO_ADP_AM2 und TSO_ADP_AM3 liegt, der adaptive exotherme zu lernende Korrekturterm durch Gleichung 31 ausgedrückt.

$$\text{apx_cor3} = \text{fk_apx_cor3} \cdot \text{ext_err_tso} + (1 - \text{fk_apx_cor3}) \cdot \text{apx_cor3_prev} \quad (31)$$

Die Werte für apx_cor1, apx_cor2, apx_cor3 sind im KAM-Speicher **78** gespeichert.

- Wie zuvor ausgeführt, enthält die Berechnung der exothermen Temperatur bei Block **238** den adaptiven, bei Block **260** gelernten Korrekturterm, wie in Gleichung 15 angegeben.

- Falls die Bedingungen der Gleichungen 27 und 28 erfüllt sind und die Luftfördereinrichtung **54** ausgeschaltet ist, (Entscheidungsblock **258**) wird sodann ein adaptiver Korrekturterm für die Wandler-Bettmittentemperatur bei Block **262** gelernt. Der Korrekturterm ist ein gleitender Mittelwert des Fehlers zwischen den geschätzten und den tatsächlichen Sensoranzeigen und ist im KAM-Speicher **78** gespeichert. Die Prozedur zum Lernen der adaptiven Korrekturen bei einer gegebenen Luftmenge ist wie folgt. Falls der vorhandene gemessene Luftmengenwert (am) geringer als TSO_ADP_AM1 ist, wird sodann der adaptive Korrekturterm für die Wandler-Bettmitte, der gelernt wird, durch Gleichung 32 bestimmt:

$$\text{cmd_cor1} = \text{fk_cmd_cor1} \cdot \text{ext_err_tso} + (1 - \text{fk_cmd_cor1}) \cdot \text{cmd_cor1_prev} \quad (32)$$

wobei:

$$\text{fk_cmd_cor1} = 1 / (1 + \text{tc_CMD_COR1} / \text{bg_tmr}).$$

In ähnlicher Weise wird, falls der vorhandene gemessene Luftmengenwert (am) zwischen TSO_ADP_AM1 und TSO_ADP_AM2 liegt, der adaptive zu lernende Korrekturterm für die Wandler-Bettmitte durch Gleichung 33 bestimmt:

$$\text{cmd_cor2} = \text{fk_cmd_cor2} \cdot \text{ext_err_tso} + (1 - \text{fk_cmd_cor2}) \cdot \text{cmd_cor2_prev} \quad (33)$$

wobei:

$$\text{fk_cmd_cor2} = 1 / (1 + \text{tc_CMD_COR2} / \text{bg_tmr}).$$

- Schließlich wird, falls der vorliegende gemessene Luftmengenwert (am) zwischen TSO_ADP_AM2 und TSO_M)P_AM3 liegt, der adaptive zu lernende Korrekturterm für die Wandler-Bettmitte durch Gleichung 34 ausgedrückt:

$$\text{cmd_cor3} = \text{fk_cmd_cor3} \cdot \text{ext_err_tso} + (1 - \text{fk_cmd_cor3}) \cdot \text{cmd_cor3_prev} \quad (34)$$

wobei:

$$\text{fk_cmd_cor3} = 1 / (1 + \text{tc_CMD_COR3} / \text{bg_tmr}).$$

Die Werte für cmd_cor1, cmd_cor2, cmd_cor3 sind im KAM-Speicher 78 gespeichert.

Die bei Block 210 durchgeführte Berechnung der Bettmittentemperatur des Katalysatormaterials des katalytischen Wandlers wird bei der nächsten Hintergrundschleife in Block 211 durch einen der drei (3) Korrekturterme abhängig von der gemessenen Luftmenge gemäß Gleichung 35 korrigiert.

ext_cmd = current_calculation + cmd_cor (35)

wobei:

cmd_cor = cmd_cor1, cmd_cor2 oder cmd_cor3, abhängig von der Luftmenge (am),

current_calculation = bei Block 210 durchgeführte Berechnung.

Die Kenntnis der Temperatur der NO_x-Falle erlaubt verschiedene Steuerschemata. Ein Schema ist es, den rückkopplungslosen Magerbetrieb außer Kraft zu setzen und in einen rückgekoppelten stöchiometrischen Betrieb einzutreten, falls die geschätzte Temperatur größer als eine vorgegebene maximale Temperatur ist. Falls die Temperatur während des stöchiometrischen Betriebs zu hoch bleibt, kann ein fetter rückkopplungsloser Betriebsmodus aufgerufen werden.

Eine andere Anwendung ist die Steuerung des Steuerventils 56 der Luftfördereinrichtung gemäß dem in fig. 6 dargestellten Flußdiagramm. In die in Fig. 6 gezeigte Routine wird bei 260 eingetreten. Bei Block 262 wird der Status des der Luftfördereinrichtung zugeordneten Flags AIR_PMP_FLG überprüft. Falls das Flag gesetzt ist, was anzeigt, daß die Luftfördereinrichtung eingeschaltet ist, wird sodann die Fallentemperatur an der Stelle "C" der NO_x-Falle mit einer Maximaltemperatur verglichen, oberhalb derer die Falle einer irreversiblen Beschädigung ausgesetzt ist. Falls die Maximaltemperatur überschritten ist, wie vom Block 264 bestimmt, wird die Luftpumpe bei Block 266 abgeschaltet und das Flag AIR_PMP_FLG zurückgesetzt, wonach die Routine zum Hauptprogramm zurückkehrt. Andererseits wird, falls die Luftfördereinrichtung nicht eingeschaltet ist und eine Schwefelreinigung der NO_x-Falle notwendig ist, wie vom Block 268 bestimmt, die Fallentemperatur an der Stelle "D" beim Block 270 überprüft, um zu bestimmen, ob die Temperatur geringer als die für ein SO_x-Reinigen erforderliche Minimaltemperatur ist. Falls dies so ist, wird die Luftfördereinrichtung bei Block 272 eingeschaltet, um die NO_x-Fallentemperatur anzuheben, und das Flag AIR_PMP_FLG wird gesetzt. Anschließend kehrt die Routine zum Hauptprogramm zurück.

In Fig. 7 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der gleiche Elemente wie in Fig. 1 mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. Fig. 7 unterscheidet sich von Fig. 1 darin, daß der katalytische Wandler 26 auch mit einem Temperatursensor 282 versehen ist, der mit der EEC 20 über eine Leitung 284 verbunden ist. Bei vorhandenem Sensor 282 wird der Sensor 32 in der Falle 31 nicht länger benötigt, um die Katalysator-Bettmittentemperatur zu korrigieren. Statt dessen läuft die Routine aus den Fig. 5a-5b modifiziert ab, beginnend bei Block 252, wie in Fig. 8 dargestellt. Die sowohl vom Sensor 32 als auch vom Sensor 282 abgefragte Temperatur wird bei Block 252' ausgewertet werden. Dabei wird angenommen, daß kein stationärer Temperaturabfall zwischen der Stelle in der Bettmitte und der Stelle des Sensors 282 vorhanden ist. Diese Gleichheit wird in Gleichung 36 zum Ausdruck gebracht:

ext_ss_tso = ext_cmd (36)

Die tatsächliche Anzeige des Sensors 282 ist aufgrund seiner thermischen Masse gegenüber diesem Wert verzögert. Um in etwa zu schätzen, was der Sensor 282 während Übergangsbedingungen anzeigen wird, wird die geschätzte Temperatur durch eine auf den Sensor 282 bezogene Zeitkonstante angepaßt, wie in Gleichung 25 angegeben.

Wenn relativ stationäre Bedingungen vorhanden sind, was in Block 256' basierend auf den Gleichungen 27 und 28 festgestellt wird, wird sodann das adaptive Lernen für den Korrekturterm für die Bettmitte in Block 262' durchgeführt. Das adaptive Lernen erfolgt dann wie zuvor beschrieben unter Verwendung der Gleichungen 32-34 und des in Block 254' mit Bezug auf den Sensor 282 berechneten Fehlers.

Falls die Luftfördereinrichtung angeschaltet ist, was von Block 258' festgestellt wird, erfolgt sodann der Lernvorgang des Korrekturterms für die exotherme Energie bei Block 260', wie zuvor in Verbindung mit Block 260 beschrieben. Andernfalls kehrt die Routine zum Hauptprogramm zurück.

Die bei Block 210 durchgeführte Berechnung der Bettmittentemperatur des Katalysatormaterials des katalytischen Wandlers wird bei der nächsten Hintergrundschleife durch einen der drei (3) in Block 262' gelernten Korrekturterme korrigiert.

Patentsprüche

1. Verfahren zum Schätzen der Temperatur einer NO_x-Falle, die in einem Abgaskanal eines Verbrennungsmotors angeordnet ist und einen Sensor zum Messen der Temperatur der Falle aufweist, mit folgenden Schritten:

Schätzen der momentanen Temperatur der Falle (30);

Schätzen des Temperatur-Ausgangssignals des Sensors (32), basierend auf einer vorhergehenden Schätzung des Sensor-Ausgangssignals, der momentanen Fallentemperatur und einer vorbestimmten Temperatur-Änderungsrate des Sensors (32) als Funktion des Motor-Luftmengenstroms;

Berechnen des Temperaturfehlers zwischen dem geschätzten Sensor-Ausgangssignal und dem tatsächlichen Ausgangssignal des Sensors;

Lernen eines Korrekturterms für die Fallentemperatur basierend auf dem Temperaturfehler und

Korrigieren der geschätzten Fallentemperatur unter Verwendung des Korrekturterms.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Falle (30) im Abgaskanal stromabwärts eines katalytischen Wandlers (26) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß folgende zusätzliche Schritte vorgesehen sind:

Schätzen der momentanen Bettmittentemperatur des Wandlers (26) und

Berechnen der exothermen Temperatur am Falleneinlaß,

wobei der Schritt des Schätzens der momentanen Temperatur der Falle (30) auf der Bettmittentemperatur und der exothermen Temperatur basiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abgaskanal eine Durchlochungsstelle aufweist, die zwischen dem Wandler und der Falle angeordnet ist, um gesteuerte Luftmengen dem Abgas vor dem Eintritt in die Falle hinzuzufügen, dadurch gekennzeichnet, daß der Lernschritt umfaßt:

Lernen eines adaptiven Korrekturterms für die exotherme Temperatur basierend auf dem Fehler und Korrigieren der Berechnung der exothermen Temperatur unter Verwendung des adaptiven Korrekturterms für die exotherme Temperatur.

4. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ferner folgende Schritte vorgesehen sind: Lernen eines adaptiven Korrekturterms für die Katalysator-Bettmittentemperatur basierend auf dem Fehler; Korrigieren der geschätzten Bettmittentemperatur unter Verwendung des Korrekturterms für die Bettmittentemperatur.

5. Verfahren zum Steuern der Temperatur einer NO_x -Falle mit den Schritten des Schätzens der Falltemperatur gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ferner folgende Schritte vorgesehen sind:

Reduzieren der Luftmenge, falls die NO_x -Falltemperatur eine vorbestimmte Maximaltemperatur überschreitet und

Erhöhen der Menge und Befehlen eines rückgekoppelten stöchiometrischen Motorbetriebsmodus, falls die NO_x -Falltemperatur unter eine vorbestimmte Minimaltemperatur abfällt.

6. Verfahren zum Schätzen der Temperatur einer NO_x -Falle (30), die in einem Abgaskanal eines Verbrennungsmotors (18) stromabwärts eines katalytischen Wandlers (26) angeordnet ist und die einen Sensor (32) zum Messen der Temperatur der Falle aufweist, wobei der Abgaskanal eine Durchlochungsstelle (62) aufweist, die zwischen dem Wandler (26) und der Falle (30) angeordnet ist, um gesteuerte Luftmengen von einer Luftfördereinrichtung (54) dem Abgas vor dem Eintritt in die Falle (30) zuzuführen, was zu einem Gesamt-Abgasstrom führt, mit folgenden Schritten:

Berechnen der momentanen Temperatur an einem ersten Lageort (B) stromaufwärts der Durchlochungsstelle (62), basierend auf einem früheren momentanen Temperaturwert an einem ersten Lageort (B), ferner auf einem geschätzten stationären Wert und einer vorbestimmten Temperatur-Änderungsrate an einem ersten Lageort (B) als Funktion des Motor-Luftmengenstroms;

Berechnen des Gesamt-Abgaswärmestroms an einem zweiten Lageort (C) an der Vorderseite der NO_x -Falle (30) vor Berücksichtigung irgendeiner exothermen Reaktion;

Berechnen der Wärmekapazität des Gesamt-Abgasstroms;

Berechnen der momentanen Temperatur an dem zweiten Lageort (C) durch Dividieren des Wärmestroms durch die Wärmekapazität;

Berechnen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des Gesamt-Abgases an dem zweiten Lageort (C);

falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Gesamt-Abgases fett ist, Berechnen der exothermen Energie als Funktion der Größe der Luftfördereinrichtungs-Luftmenge und des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des Gesamt-Abgases;

falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Gesamt-Abgases mager ist, Berechnen der exothermen Energie als Funktion der Größe der Motor-Luftmenge und des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des Gesamt-Abgases;

Berechnen der von der exothermen Energie an dem zweiten Lageort (C) erzeugten Temperatur;

Berechnen der stationären Temperatur an dem zweiten Lageort (C) durch Addieren der berechneten, vor irgendeiner exothermen Reaktion vorhandenen Temperatur zu der berechneten, von der exothermen Energie erzeugten Temperatur;

Berechnen der momentanen Temperatur an dem zweiten Lageort (C) basierend auf einem früherer momentanen Temperaturwert an dem zweiten Lageort (C), dem geschätzten stationären Wert an dem zweiten Lageort (C) und einer vorbestimmten Temperatur-Änderungsrate an dem zweiten Lageort (C) als Funktion der Summe des Motor-Luftmengenstroms und des Luftfördereinrichtungs-Luftmengenstroms;

Herleiten der Temperatur innerhalb der NO_x -Falle (30) am Lageort des Sensors (32), basierend auf einem früheren geschätzten momentanen Temperaturwert am Lageort des Sensors (32), des geschätzten stationären Wertes am Lageort des Sensors (32) und einer vorbestimmten Temperatur-Änderungsrate des Sensor-Ausgangssignals als Funktion des Gesamt-Abgasstroms;

Berechnen des Fehlers zwischen der geschätzten Temperatur am Lageort des Sensors (32) und der vom Sensor (32) gemessenen tatsächlichen Temperatur;

Lernen eines adaptiven Korrekturterms für die exotherme Temperatur basierend auf dem Fehler und

Korrigieren der Berechnung der exothermen Temperatur unter Verwendung des adaptiven Korrekturterms für die exotherme Temperatur.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ferner folgende Schritte vorgesehen sind:

Schätzen der momentanen Abgastemperatur an einer Bettmittenstelle im Katalysatormaterial des katalytischen Wandlers (26);

Schätzen des Abfalls der Abgastemperatur von der Bettmittenstelle bis zum ersten Lageort (B) stromaufwärts der Durchlochungsstelle (62);

Lernen eines Korrekturterms für die Katalysatormaterial Bettmittentemperatur basierend auf dem Fehler und Korrigieren der geschätzten Bettmittentemperatur unter Verwendung des Betrags des Korrekturterms für die Bettmitte.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem stationären Wert am ersten Lageort (B) die geschätzte momentane Bettmittentemperatur des Wandlers abzüglich des Verlustes zwischen dem Wandler (26) und dem ersten Lageort (B) zugrundegelegt wird.

9. Verfahren zum Steuern der Temperatur einer NO_x -Falle (30), mit den Schritten gemäß Anspruch 6 für das Schätzen der Falltemperatur, dadurch gekennzeichnet, daß ferner folgende Schritte vorgesehen sind:

Reduzieren der Luftmenge, falls die NO_x -Falltemperatur eine vorbestimmte Maximaltemperatur überschreitet;
Erhöhen der Luftmenge und Befehlen eines rückgekoppelten stöchiometrischen Maschinenbetriebsmodus, falls die NO_x -Falltemperatur unter eine vorbestimmte Minimaltemperatur abfällt.

10. Verfahren zum Steuern der Temperatur einer NO_x -Falle (30), mit den Schritten gemäß Anspruch 6 zum Schätzen der Falltemperatur, dadurch gekennzeichnet, daß ferner folgende Schritte vorgesehen sind:

Einschalten der Luftfördereinrichtung (54), falls ein SO_x -Reinigungskriterium erfüllt wird, um die Temperatur der Falle (30) über eine vorbestimmte Minimaltemperatur zu erhöhen;

Ausschalten der Luftfördereinrichtung (54), falls die NO_x -Falltemperatur eine vorbestimmte Maximaltemperatur überschreitet.

11. Verfahren zum Korrigieren der geschätzten Temperatur eines katalytischen Wandlers (26), der in einem Abgaskanal eines Verbrennungsmotors (18) angeordnet ist, wobei eine NO_x -Falle (30) stromabwärts des katalytischen Wandlers (26) angeordnet und ein Sensor (32) zum Messen der Temperatur der Falle (30) vorgesehen ist, mit folgenden Schritten:

Schätzen der momentanen Bettmittentemperatur des Wandlers (26);

Berechnen der exothermen Temperatur am Falleneinlaß;

Schätzen der Temperatur an dem Lageort des Sensors (32) in der Falle basierend auf der Bettmittentemperatur und der exothermen Temperatur;

Berechnen des Temperaturfehlers zwischen dem geschätzten Ausgangssignal des Sensors (32) und dem tatsächlichen Ausgangssignal des Sensors (32);

Lernen eines Korrekturterms für die Katalysatormaterial-Bettmittentemperatur basierend auf dem Temperaturfehler und

Korrigieren der geschätzten Bettmittentemperatur unter Verwendung des Korrekturterms für die Bettmitte.

12. Verfahren zum Korrigieren der geschätzten Temperatur eines katalytischen Wandlers (26), der im Abgaskanal eines Verbrennungsmotors (18) angeordnet ist und einen Sensor (282) zum Messen der Temperatur des Wandlers (26) aufweist, mit folgenden Schritten:

Schätzen der momentanen Bettmittentemperatur des Wandlers (26);

Schätzen des Temperatur-Ausgangssignals des Sensors (282) basierend auf einer früheren Schätzung des Sensor-Ausgangssignals, der momentanen Bettmittentemperatur des Wandlers (26) und einer vorbestimmten Temperatur-Änderungsrate des Sensors (282) als Funktion des Maschinen-Luftmengenstroms;

Berechnen des Temperaturfehlers zwischen dem geschätzten Sensor-Ausgangssignal und dem tatsächlichen Ausgangssignal des Sensors (282);

Lernen eines Korrekturterms für die Katalysatormaterial-Bettmittentemperatur basierend auf dem Temperaturfehler und

Korrigieren der geschätzten Bettmittentemperatur unter Verwendung des Korrekturterms für die Bettmitte.

13. Vorrichtung zum Herleiten und Steuern der Temperatur einer im Abgaskanal eines Verbrennungsmotors stromabwärts eines katalytischen Konverters (26) angeordneten NO_x -Falle (30), dadurch gekennzeichnet, daß zur Korrektur eines Temperatur-Schätzmodells unter relativ stationären Betriebsbedingungen wenigstens ein Temperatursensor (32) vorgesehen ist, durch dessen Einsatz eine Verbesserung der Genauigkeit der Schätzung der Temperatur des katalytischen Konverters möglich ist.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

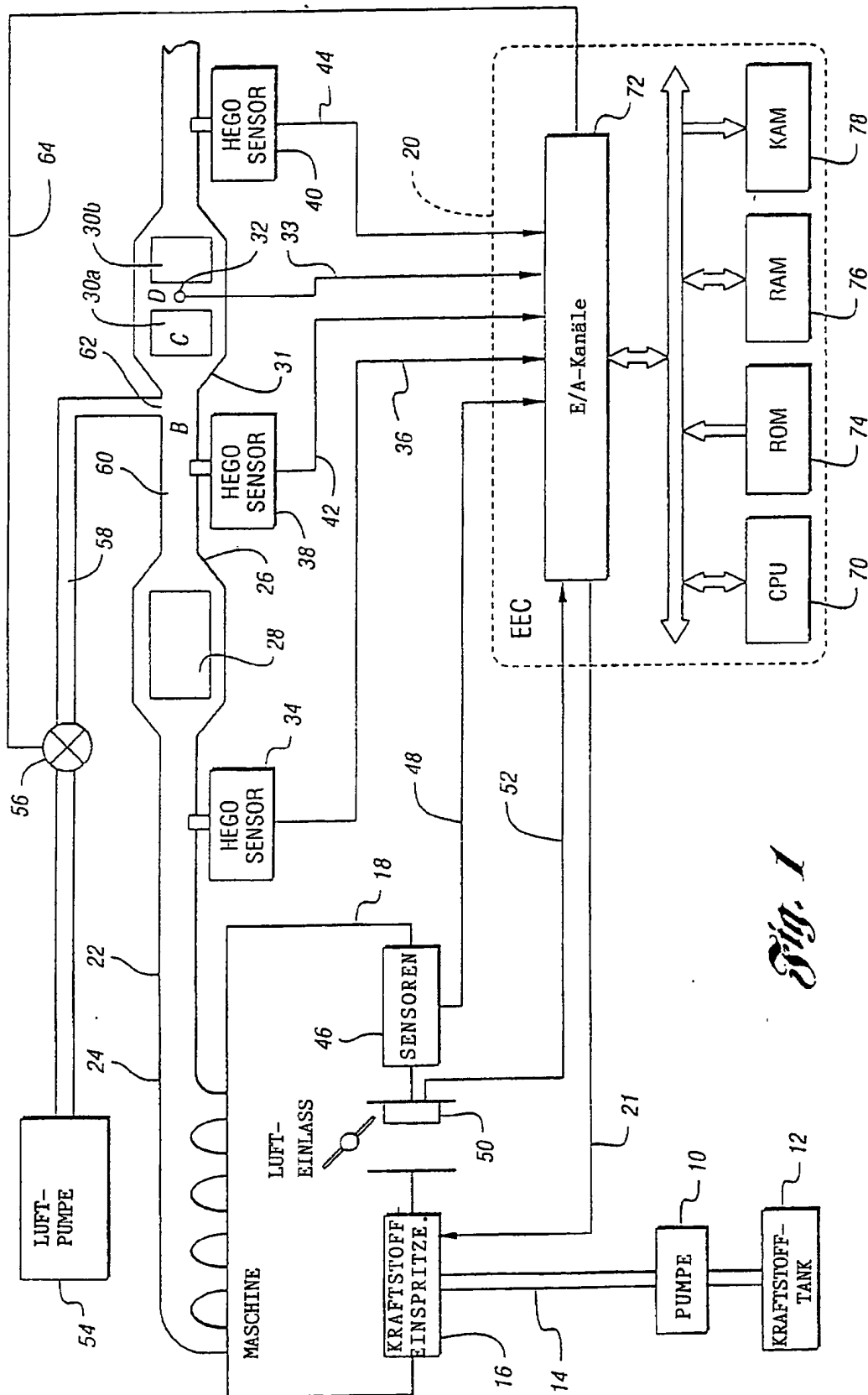


Fig. 1

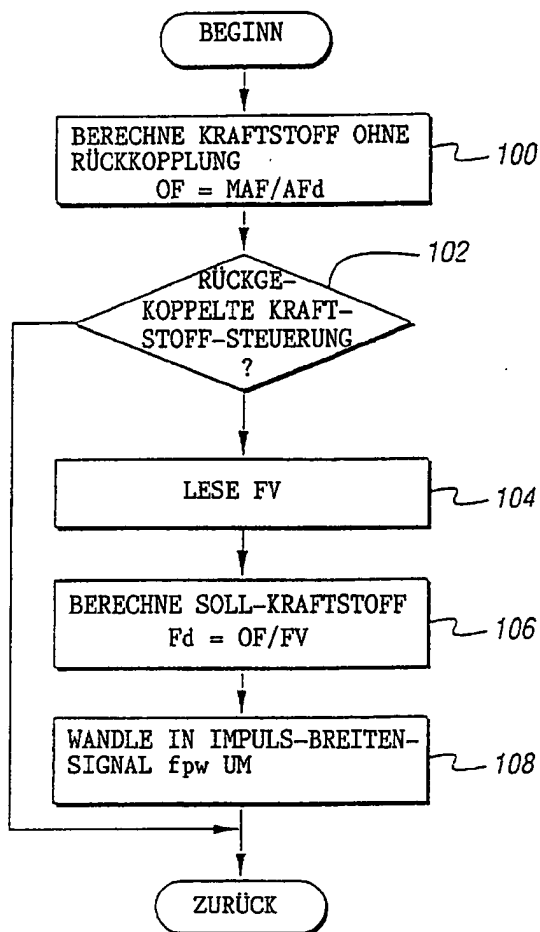


Fig. 4

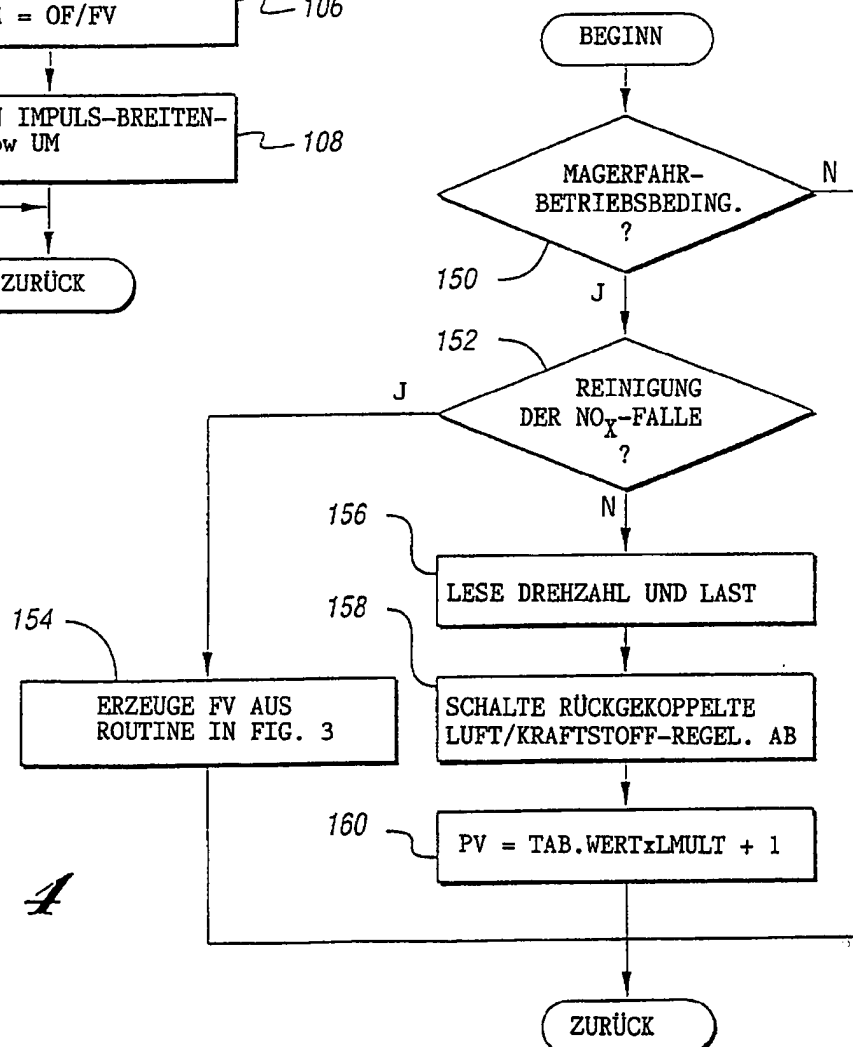
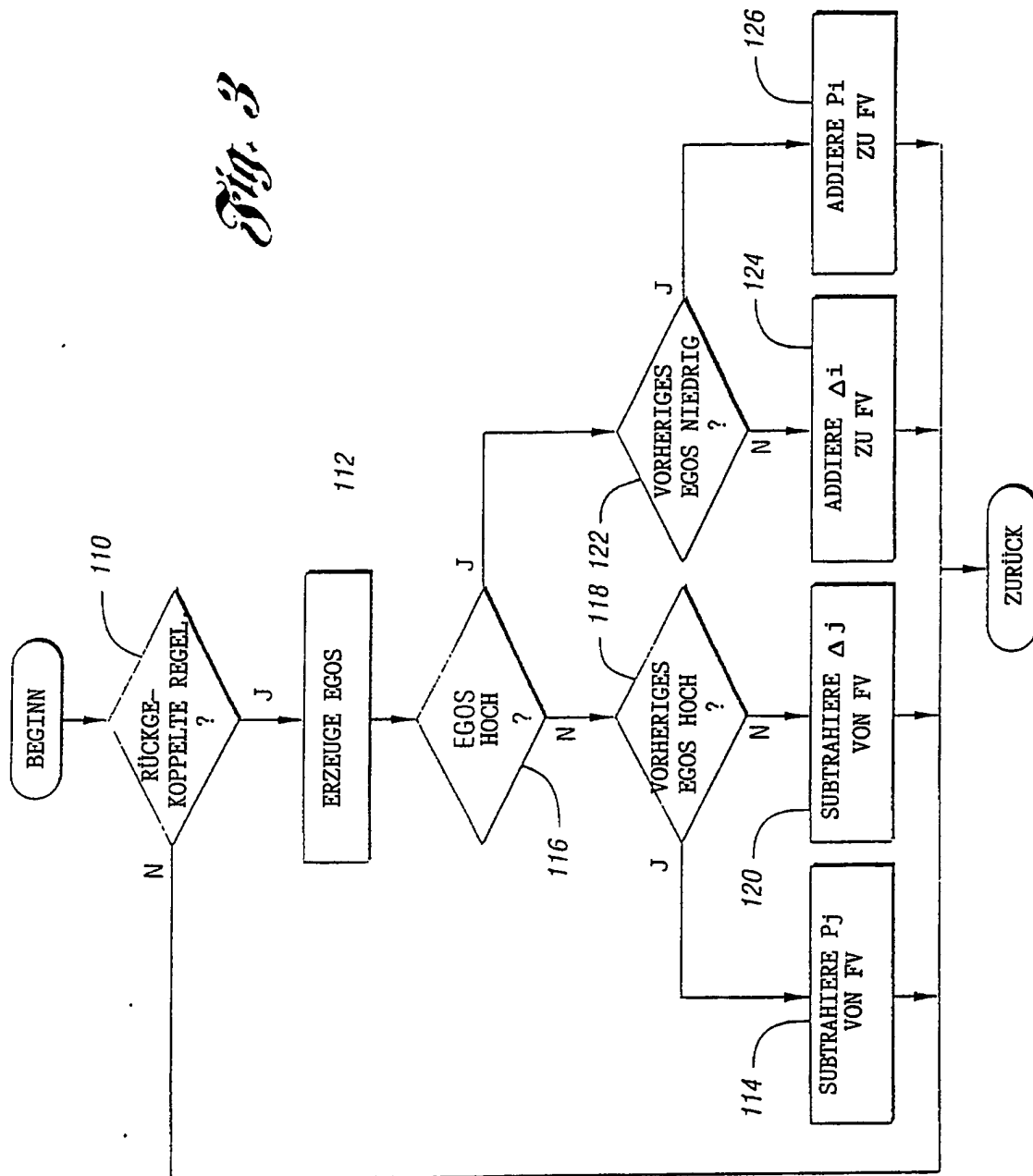


Fig. 3



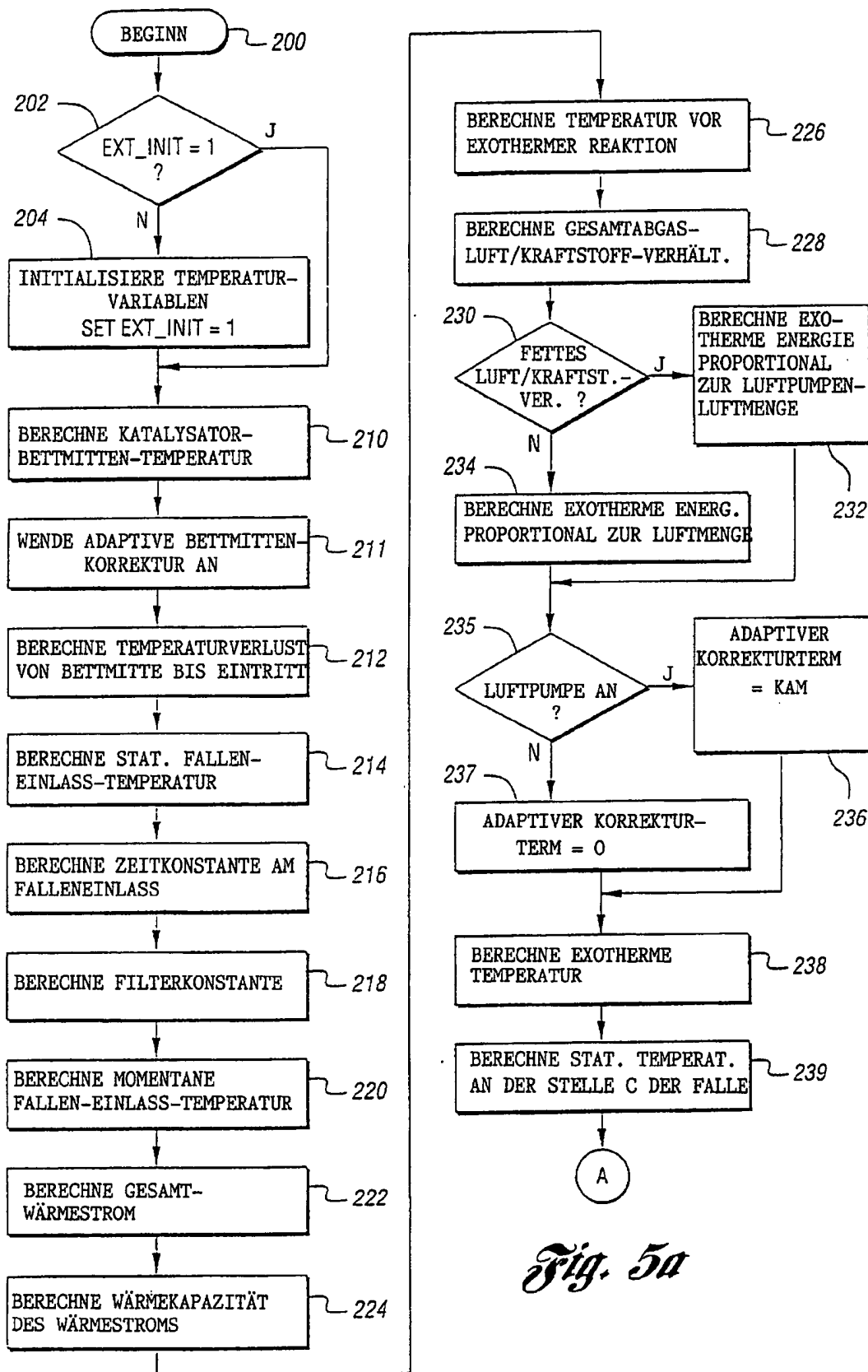
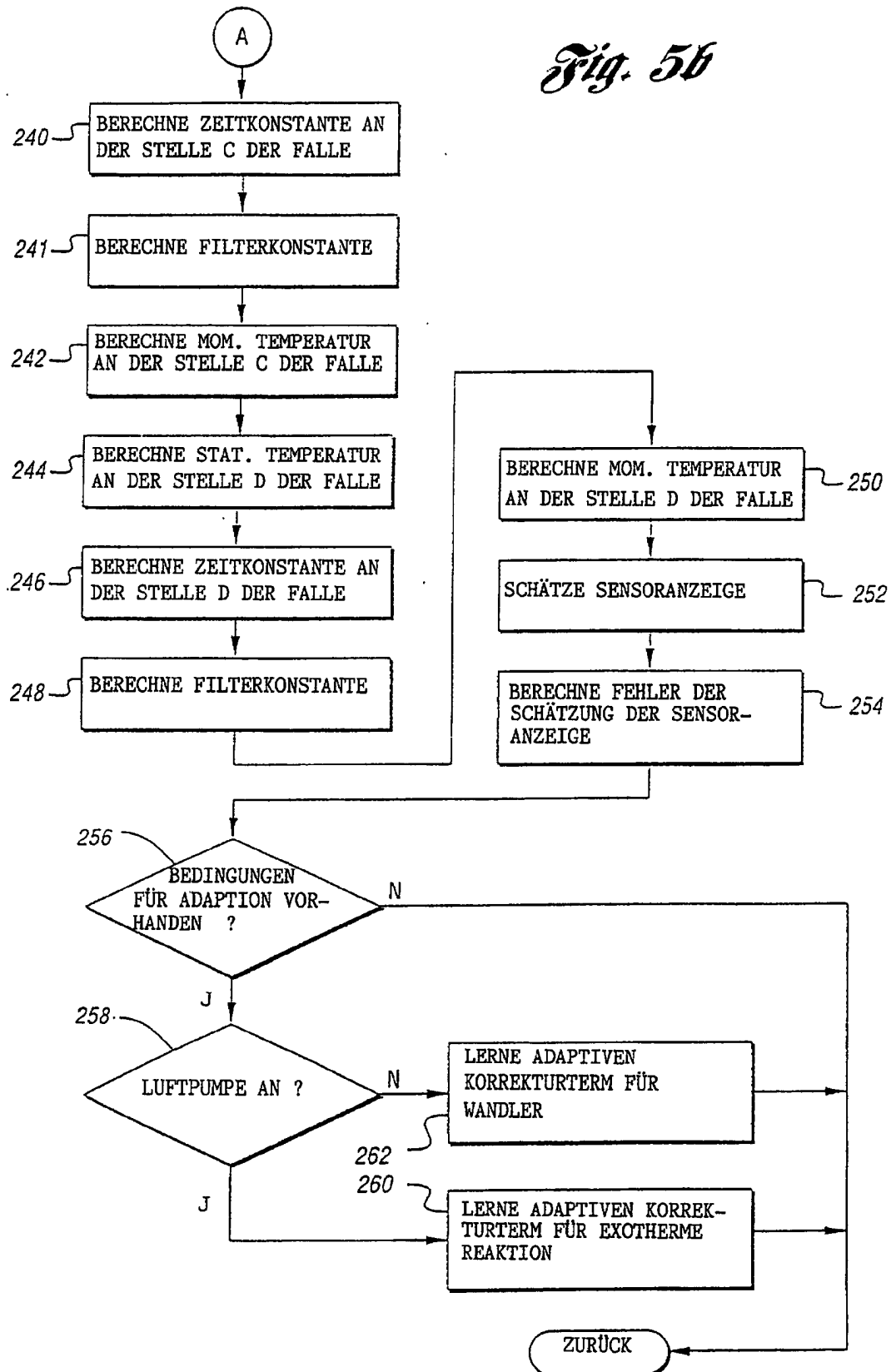


Fig. 5a

Fig. 5b

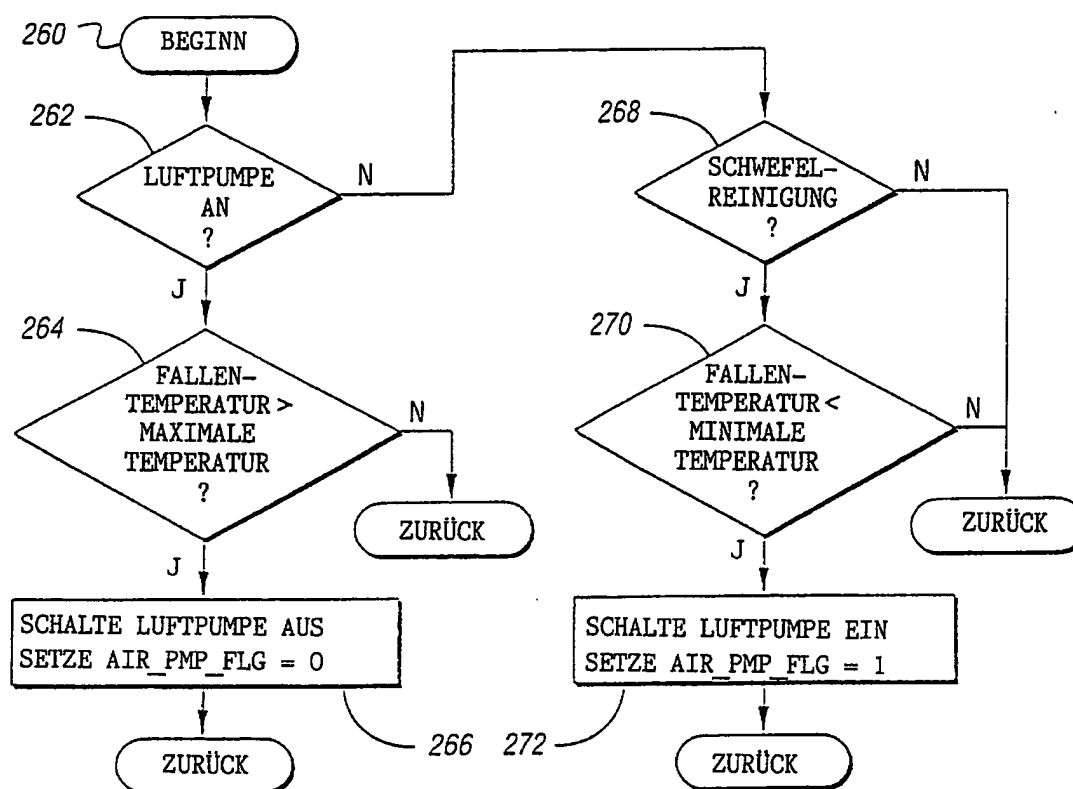


Fig. 6

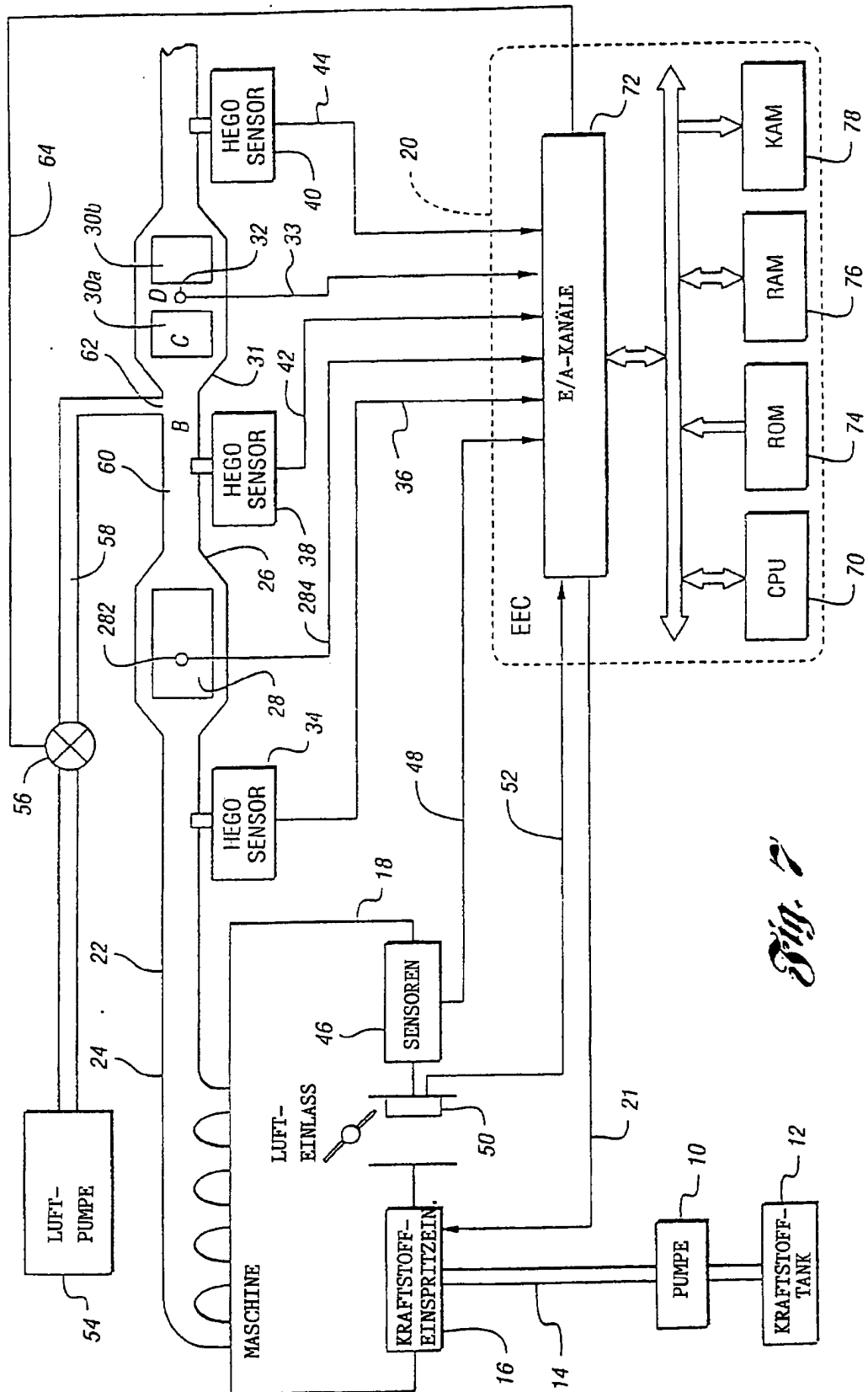


Fig. 2

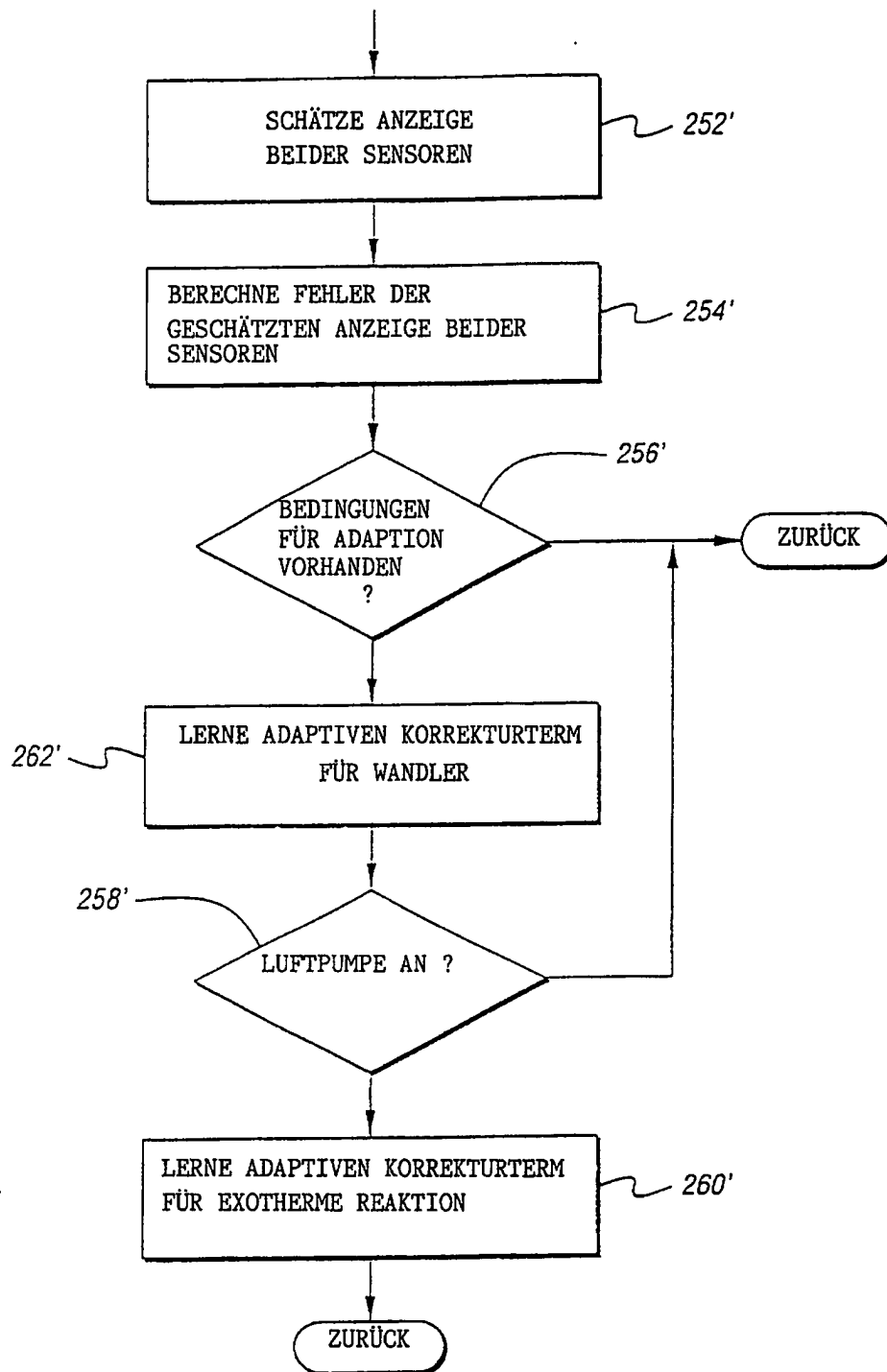


Fig. 8